



Monitoramento de Borboletas: o Papel de um Indicador Biológico na Gestão de Unidades de Conservação

Jessie Pereira Santos¹, Onildo João Marini-Filho², André Victor Lucci Freitas¹ & Marcio Uehara-Prado³

Recebido em 15/06/2015 – Aceito em 16/11/2015

RESUMO – Programas de monitoramento podem ser considerados boas estratégias para avaliação continuada da qualidade de habitats ao longo do tempo. Entretanto, para que seu emprego tenha êxito, é necessário um sistema capaz de gerir e administrar as atividades a longo prazo de modo a produzir dados confiáveis e que possam ser utilizados no planejamento de ações mitigatórias. Em regiões de zonas temperadas as iniciativas de monitoramento têm gerado resultados satisfatórios, mas no Brasil, frente à grande diversidade biológica e extensão territorial, o desafio de estabelecer um programa de monitoramento efetivo tem se mostrado um obstáculo a ser vencido. Considerando as constantes ameaças que o desenvolvimento econômico impõe sobre a causa ambiental no Brasil, as unidades de conservação têm sofrido pressões de diversas naturezas, as quais certamente comprometem sua efetividade em relação à conservação dos habitats naturais. Neste artigo se discute a utilização de borboletas como indicadores biológicos e as características que as tornam um dos melhores grupos para ser incluído em programas de monitoramento. Adicionalmente, descreve-se de que modo as borboletas podem auxiliar a gestão das unidades de conservação e do monitoramento, utilizando o exemplo do “Programa de Monitoramento *in situ* da Biodiversidade”. Por meio da inclusão da sociedade em atividades de sensibilização e envolvimento, seja no ensino das técnicas de coleta de dados ou do exercício do contato direto com as borboletas, esses pequenos organismos são capazes tanto de gerar respostas rápidas para avaliar a qualidade dos habitats quanto de servir como uma ferramenta de apoio para a manutenção de programas de monitoramento no Brasil.

Palavras-chave: áreas protegidas; bioindicadores; diversidade; efetividade de conservação.

ABSTRACT – Monitoring programs constitute a suitable approach to evaluate habitat quality over time. Nonetheless, the success of such programs rests on data quality and adequacy of management practices. Long-term monitoring should be used to generate robust data that can be used as baseline information for effective implementation of mitigating actions. Although monitoring initiatives have produced successful results in temperate regions, their replication in Brazil is particularly challenging due to this country’s high diversity and land extension. The expansion of activities that promote economic growth is a real threat to environmental protection. As a result, habitat Conservation units in Brazil are under pressure, thus compromising their effectiveness as protected areas that conserve natural habitats. In this paper, we explain why butterflies are a reliable group as biological indicators for environmental monitoring programs. Additionally, we discuss how butterflies may be used in the management of Conservation Units and environmental monitoring in local scales, using the Program “Programa de Monitoramento *in situ* da Biodiversidade” as an example. We believe that butterflies can serve a flagship group for the maintenance of such programs in Brazil by providing

Afiliação

¹ Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, CP 6109, Campinas-SP, CEP 13083-970.

² Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Caatinga, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, SMDB Área Especial Estação Ecológica, Conjunto 12, Lago Sul, Brasília-DF, CEP 71680-001.

³ Instituto Neotropical: Pesquisa e Conservação. CP 19009, Curitiba-PR, CEP 81531-980

E-mails

jessiepereira@gmail.com, o.marini@gmail.com, baku@unicamp.br, muprado@yahoo.com

a means of obtaining reliable data, and also being a link between conservation biologists and members of the society. This can be achieved through activities such as the direct contact with butterflies, and integration of laypeople in programs that involve collecting data for monitoring programs.

Keywords: bioindicators; conservation effectiveness; diversity; protected areas.

RESÚMEN – Los Programas de Monitoreo Ambiental son estrategias enfocadas en la evaluación continua de la calidad de los hábitats a lo largo del tiempo. Sin embargo, para que la implementación de estos programas tenga éxito, es necesario un sistema capaz de gestionar y administrar las actividades de largo plazo de modo que produzcan datos confiables y que puedan ser utilizados en la planificación de acciones de mitigación. En regiones de zonas templadas, las iniciativas de monitoreo han generado resultados satisfactorios, pero en Brasil, frente a la gran diversidad biológica y extensión territorial, el desafío de establecer un programa de monitoreo efectivo ha mostrado ser un obstáculo que debe ser vencido. Considerando las constantes amenazas que el desarrollo económico impone sobre la causa ambiental en Brasil, las Unidades de Conservación han sufrido presiones de diversas naturalezas, las cuales ciertamente comprometen su efectividad en relación a la conservación de los hábitats naturales. En este trabajo, se discute la utilización de las mariposas como indicadores biológicos y las características que las hacen uno de los mejores grupos para ser incluido en programas de monitoreo. Asimismo, describimos de qué modo las mariposas pueden auxiliar a la gestión de las Unidades de Conservación y de Monitoreo, utilizando como ejemplo el “Programa de Monitoramento *in situ* da Biodiversidade” (Programa de Monitoreo *in situ* de la Biodiversidad). A través de la inclusión de la sociedad en actividades de sensibilización, sea enseñando técnicas de colecta de datos o del ejercicio de contacto directo con mariposas, estos pequeños organismos son capaces de generar respuestas rápidas para evaluar la calidad de los hábitats y también servir como una herramienta de apoyo para la manutención de programas de monitoreo en Brasil.

Palabras clave: áreas protegidas; bioindicadores; diversidad; efectividad de conservación.

Introdução

Assim como no restante do planeta, a conservação da biodiversidade no Brasil vive impasses de vários tipos, onde os interesses no avanço das atividades econômicas, com a alteração de leis, expansão de empreendimentos e uso excessivo de recursos naturais, aumento da população humana e alterações climáticas, são incompatíveis com as ações desejáveis ligadas à conservação da biodiversidade (Freitas 2010, Costa-Pereira *et al.* 2013). A implantação de unidades de conservação (doravante UCs) é uma das estratégias que visa a proteção da biodiversidade, sendo que, no Brasil, as UCs totalizam cerca de 17% do território do país (Costa-Pereira *et al.* 2013). Embora esta proporção seja aparentemente insuficiente para conservar a grande biodiversidade existente em seu território, o Brasil ainda é considerado um dos países com maior quantidade de unidades de conservação no mundo. Mais do que garantirem a conservação das paisagens e habitats da vida selvagem, essas áreas protegidas contribuem também com o sustento de comunidades locais, promovendo atividades como o turismo e extrativismo sustentáveis, desempenhando papel importante ao garantir serviços ecossistêmicos essenciais para as populações humanas em seu entorno e mesmo distantes, além de contribuírem para regulação do clima regional em alguns casos (Adams *et al.* 2004, Stolton & Dudley 2010, Watson *et al.* 2014). Para que a conservação dos remanescentes naturais seja garantida ao mesmo tempo com que se lida com as pressões antrópicas exercidas em áreas de entorno, dois fatores são necessários: 1) o Sistema Nacional de Unidades de Conservação deve ser capaz de garantir a conservação em escalas mais amplas, de forma que as UCs possam suprir as necessidades e demandas umas das outras, em caráter complementar; e 2) em menor escala, a gestão local de cada UC deve estar capacitada para tomada de decisões que lidam com demandas conservacionistas, muitas delas exigindo um manejo ativo. Porém, a velocidade e a qualidade da solução são ambas dependentes da mensuração de parâmetros que possam representar a extensão e a forma como estas UCs são afetadas. A escolha de indicadores e parâmetros para os quais serão feitas medições ou observações com o objetivo de detectar alterações ao longo do tempo é um dos passos que caracterizam um monitoramento ambiental (McGeoch 1998).

A diversidade biológica é frequentemente utilizada como parâmetro que pode indicar a saúde e funcionamento do ecossistema (Schulze & Mooney 1993, Sauberer *et al.* 2004), e seu monitoramento pode suprir a necessidade de se obter informações não óbvias sobre a sustentabilidade das ações humanas para a sua própria conservação (Hartshorn 1995) bem como dos serviços e funções ambientais associados. Como exemplo, o efeito de uso excessivo de agrotóxicos em larga escala, alterações climáticas locais, regionais e globais afetando a biota e introdução de espécies exóticas capazes de alterar todo o ecossistema e suas funções podem ser avaliadas pelo monitoramento da diversidade biológica (Chown & McGeoch 2011). Dadas as limitações de recursos humanos e financeiros para se monitorar toda a biodiversidade existente, é necessária a escolha de táxons que sejam bons indicadores dos fenômenos investigados e que possam ser usados como substitutos para a avaliação de outros táxons mais difíceis de serem monitorados (Noss 1990, Gregory 2006, Uehara-Prado *et al.* 2009, Zografou *et al.* 2009). A identificação de tais táxons pode auxiliar na tomada de decisões adequadas para criação de unidades de conservação e no manejo de populações e habitats que estas protegem, muitas vezes de forma associada ao uso direto.

Apesar de todo grupo biológico possuir propriedades indicadoras de algum fenômeno ou variável de interesse, uma combinação de características favorece a escolha de alguns grupos: organismos com taxonomia bem conhecida, que sejam intimamente associados a outros táxons, recursos ou características ambientais, que demonstrem reação rápida a alterações das condições dos habitats e que possam ser amostrados de forma prática e barata, são potencialmente mais adequados para diagnóstico e monitoramento (Brown Jr. 1991, Pearson & Cassola 1992, Pearson 1994). Dado que a maior parte da biodiversidade mundial é composta por insetos (Thomas 2005), a necessidade de se identificar bons grupos que possam representar a diversidade de insetos é essencial (Zografou *et al.* 2009). Vários estudos têm demonstrado que borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) podem ser consideradas boas indicadoras de mudanças ambientais, reforçando sua utilização no monitoramento de alterações, mesmo que muito sutis, em seus habitats (Bonebrake *et al.* 2010; Brown Jr. 1997, Pywell *et al.* 2004, Soga *et al.* 2015; van Swaay *et al.* 2006). Mais recentemente, borboletas têm sido consideradas como um dos grupos mais úteis para diagnosticar os efeitos de mudanças climáticas (Devictor *et al.* 2012; Forister & Shapiro 2003; Menéndez *et al.* 2007; Roy & Sparks 2000; Warren *et al.* 2001).

Programas de monitoramento de borboletas a longo prazo tem sido realizados com sucesso na Europa, documentando os efeitos das mudanças climáticas na biodiversidade (Pollard & Yates 1993, van Swaay *et al.* 2008). No Reino Unido, Holanda e Flandres (região norte da Bélgica), há grande participação de cidadãos nos esquemas de inventário e vários projetos locais foram formados desde os anos 1980 voltados para a observação e monitoramento de borboletas (Pollard & Yates 1995).

A proliferação de iniciativas locais de monitoramento de borboletas na Europa se deu por diversas razões, incluindo:

- I) Sua popularidade e o aumento da preocupação sobre a perda de habitats e populações;
- II) O desenvolvimento de centros locais e regionais de registros biológicos;
- III) A publicação em 1982 do *Atlas de borboletas do Centro Britânico de Registros (BRC)* – cuja forma de elaboração deixou como legado uma força de trabalho voluntário experiente com desejo de tomar parte no esquema de registros;
- IV) A publicação ao longo dos anos 1980 de guias de identificação melhores e mais atraentes (p. ex. D’Abrera 1984).

O monitoramento também pode ser uma poderosa ferramenta para se verificar o estado de conservação e acompanhar mudanças populacionais de espécies ameaçadas de extinção. O esquema de inventário e monitoramento de borboletas no Reino Unido, por exemplo, elaborou uma ficha de registros de ocorrências de borboletas focada nas espécies ameaçadas ou raras

dentro da sua área de ocorrência. Um objetivo chave deste programa foi de servir como sistema de “aviso prévio” em nível local sobre as ameaças aos sítios importantes de ocorrência de populações de borboletas. Partindo deste entendimento, os planos de ação para conservação de espécies comumente indicam o monitoramento das populações de espécies ameaçadas como uma das ações chave para avaliar as demais ações de conservação (US Fish and Wildlife Service 1998, Freitas e Marini-Filho 2011).

Em regiões tropicais o estabelecimento de programas de monitoramento de borboletas pode ser uma tarefa mais desafiadora levando-se em conta a alta diversidade de espécies e complexidade destes habitats quando comparada com regiões temperadas onde os monitoramentos já foram implementados. Mais especificamente no Brasil, uma parte desta diversidade ainda é desconhecida, e a falta de informação sobre o número total de espécies e suas respectivas distribuições em determinadas regiões do país ainda dificultam essa missão. Para que o Brasil consiga implementar programas de monitoramento de forma sistematizada, intensificar os esforços em inventários é uma demanda a ser cumprida em algumas regiões de forma a gerar a informação básica necessária anterior ao estabelecimento de programas de monitoramento. Há que se considerar ainda a carência de pesquisadores em diversas áreas do Brasil, principalmente as regiões norte, nordeste e centro-oeste, especialmente aqueles dedicados ao estudo da taxonomia (Lewinsohn & Prado 2005).

No Brasil, um país com mais de 8,5 milhões de km², com mais de 3.250 espécies de borboletas (Freitas & Marini-Filho 2011) dispersas por cinco biomas e com carência de pesquisadores, um conhecimento adequado sobre a biodiversidade de borboletas ainda está longe de ser atingido. Para as próximas décadas fica a enorme tarefa de estudar a biodiversidade de borboletas brasileiras visando gerar e disponibilizar informações para subsidiar a tomada de decisões pelos órgãos responsáveis pela gestão ambiental e promover estratégias de prevenção e mitigação de impactos sobre a biodiversidade.

Borboletas frugívoras como indicadores biológicos

Apesar das borboletas possuírem uma ampla variedade de formas de alimentação, de modo geral podem ser subdivididas em duas guildas, de acordo com sua forma de obtenção de recursos pelos adultos: 1) as nectarívoras, que se alimentam principalmente do néctar das flores; e 2) as frugívoras, que se alimentam de frutas fermentadas, fezes, matéria orgânica em decomposição e seiva fermentada (DeVries 1987). No Brasil, as borboletas frugívoras são representadas por quatro subfamílias de Nymphalidae: Satyrinae, Charaxinae, Biblidinae e alguns gêneros de Nymphalinae (*sensu* Wahlberg *et al.* 2009). Esta guilda compreende entre 50-75% da fauna de ninfalídeos dos neotrópicos (Brown Jr. 2005), e por serem taxonomicamente e ecologicamente diversificadas em ambientes tropicais, ocorrem em todos os biomas brasileiros (Freitas *et al.* 2003, Freitas *et al.* 2014). Considerando apenas áreas bem amostradas, em regiões de semiárido e campos de altitude sua riqueza pode ser representada por menos de 20 espécies, passando para cerca de 50 a 100 espécies em muitas localidades na Mata Atlântica e no Cerrado, chegando a quase 300 espécies em determinadas localidades da Amazônia (Brown Jr. & Freitas 2000, Brown Jr. 2005, Nobre *et al.* 2012). Algumas características tornam as borboletas frugívoras um grupo destacado dentro da categoria de indicadores biológicos:

Amostragem facilitada – Por se alimentarem de líquidos ou compostos orgânicos em estado de fermentação, as borboletas frugívoras são atraídas por iscas preparadas com banana e caldo de cana, e então capturadas com uso de armadilhas. As armadilhas são cilindros de tecido ligados a uma base de plástico onde é posicionado o pote com isca (Figuras 1A e B). As borboletas são capturadas, identificadas, marcadas e soltas livres de danos causados pelo coletor. Armadilhas dispensam a habilidade de coleta e enquanto possuírem iscas atrativas, são amostradores em tempo integral, podendo ser utilizadas para amostrar áreas de forma simultânea (Freitas *et al.* 2014).

Relativamente fáceis de identificar – Entre os lepidópteros, as borboletas Nymphalidae representam um dos grupos mais bem conhecidos, sendo que a maioria dos gêneros de borboletas



Figura 1 – **A.** Visão geral de uma armadilha de borboletas; **B.** Manipulação da armadilha por um membro da comunidade da RESEX Cazumbá-Iracema (Sena-Madureira, AC); **C.** membro da comunidade da RESEX Cazumbá-Iracema revisando o guia da Amazônia; **D.** Marcação de uma borboleta ilustrando a facilidade de manuseio. (Créditos das fotos: A – Jessie Santos; B, C, D – Elisa Herkenhoff).

frugívoras possui taxonomia razoavelmente bem definida (Duarte *et al.* 2014). Seus padrões de coloração e formato de asa podem ser utilizados como base para reconhecer a diversidade deste grupo, permitindo assim a utilização de guias para identificação (Brown Jr. 1992, Santos *et al.* 2011, Uehara-Prado *et al.* 2004) e, em alguns casos, agrupar as espécies em categorias de maior resolução taxonômica, sem perda de informação relevante (Santos *et al.* 2014a, b, c, d.).

Relação com as plantas hospedeiras – Enquanto estão em estágio de lagarta, a maioria das borboletas é dependente da disponibilidade de plantas para se alimentarem e completarem

seu ciclo até a vida adulta. A relação das borboletas com as plantas hospedeiras pode apresentar um grau de especificidade de acordo com os grupos taxonômicos, ou seja, alguns grupos de espécies de borboletas se alimentam apenas de plantas de uma determinada família (Beccaloni *et al.* 2008, Silva-Brandão & Freitas 2011). Essa especificidade faz das borboletas boas indicadoras da composição vegetal de um dado local, uma vez que a presença destas é dependente da disponibilidade de recurso para as lagartas.

Sensíveis a mudanças ambientais – Muitas espécies de borboletas frugívoras são associadas a habitats mais fechados e sombreados (como o interior de florestas), enquanto outras são mais comuns em áreas mais ensolaradas (como clareiras e vegetação sucessional). Essa relação com o habitat faz com que as mudanças sutis em um local sejam facilmente percebidas analisando os dados de populações e estrutura de comunidades de borboletas ao longo do tempo (Brito *et al.* 2014, Soga *et al.* 2015, Sweaney *et al.* 2014).

Ciclo de vida curto – Assim como a maioria dos insetos, borboletas possuem ciclos de poucos meses a um ano. Assim, as respostas à alteração ambiental, como flutuações no número de indivíduos em uma população ou a variação na composição de espécies em uma comunidade, serão detectadas nestas mesmas escalas. Essa rapidez permite que sejam tomadas medidas que podem antecipar problemas futuros no funcionamento dos habitats.

Subsidiando a gestão de unidades de conservação no Brasil: estudo de caso com borboletas frugívoras

O Projeto “Monitoramento da Biodiversidade com Relevância para o Clima em nível de UC, considerando medidas de adaptação e mitigação”, desenvolvido entre 2011 e 2014, foi coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) juntamente com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), tendo sido implementado no contexto da Cooperação Brasil-Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional de Proteção ao Clima (IKI), do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Construção e Segurança Nuclear da Alemanha (BMUB), recebendo apoio técnico da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Um dos objetivos desse projeto foi apoiar a implantação de um programa de monitoramento da biodiversidade em UCs e disponibilizar informações relevantes para tomada de decisões referentes à adaptação e mitigação de mudanças climáticas. A proposta de abordagem metodológica do monitoramento da biodiversidade foi orientada para a avaliação da efetividade de conservação das UCs e do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) frente às pressões antrópicas, inclusive as mudanças climáticas (Costa-Pereira *et al.* 2013).

Para possibilitar a implantação do monitoramento nas UCs, grupos de indicadores biológicos foram selecionados e seus protocolos de amostragem construídos de modo que tivessem execução simples e baixo custo. Borboletas frugívoras foi um dos grupos selecionados para compor o conjunto mínimo de indicadores no monitoramento da biodiversidade (Costa-Pereira *et al.* 2013; Nobre *et al.* 2014).

Uma característica chave do esquema desenvolvido para o monitoramento *in situ* da biodiversidade é sua modularidade, ou seja, a implantação pode ocorrer em etapas desde um nível extremamente simples, até mais complexos de amostragem dos indicadores biológicos, de acordo com as possibilidades operacionais de cada UC (Costa-Pereira *et al.* 2013). Esta abordagem engloba várias questões ao mesmo tempo: avaliação dos efeitos das mudanças climáticas na biodiversidade, avaliação da eficiência do sistema de unidades de conservação, e questões específicas de cada unidade e de interesse para gestão local. Por um lado, gera informações para o sistema de monitoramento e, por outro lado, ajuda a aumentar o interesse pelo monitoramento por parte da equipe gestora.

No caso das borboletas frugívoras, essa modularidade, dividida em três níveis, começa no nível básico com a contagem do número de indivíduos em diferentes tribos. No segundo nível

de complexidade (módulo 2) é registrado o número de indivíduos de espécies focais. Nos dois primeiros níveis, a coleta dos indivíduos não é necessária, evitando assim questões relativas a transporte, armazenamento e curadoria dos espécimes. No módulo 3, deve ser registrada a composição quantitativa da assembleia, ou seja, o número de indivíduos de todas as espécies da amostra. Nesse nível, a coleta de espécimes pode ser necessária, dependendo da localidade e do nível de conhecimento da taxonomia das espécies locais. Como o método de amostragem é exatamente o mesmo nos três níveis, a adição de complexidade depende única e exclusivamente da capacidade de identificação das espécies por parte da equipe gestora ou da associação desta com algum pesquisador. Dada esta especificidade taxonômica, uma rede de apoio de colaboradores especialistas pode ser necessária para a implantação do módulo 3.

Envolvimento da comunidade científica e disseminação do protocolo – A comunidade acadêmica foi parte atuante no processo de construção do monitoramento de borboletas frugívoras do ICMBio, desde a proposição desse grupo como indicadores do programa em oficinas temáticas até a construção dos protocolos de amostragem.

As discussões a respeito de uma amostragem padronizada de borboletas frugívoras em escala nacional iniciaram a partir de 2008 no âmbito do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção (Freitas & Marini-Filho 2011), tendo sido consolidadas em um protocolo adotado pela Rede Nacional de Pesquisa e Conservação dos Lepidópteros – RedeLep. O protocolo da RedeLep em sua forma completa representa o módulo 3 do monitoramento de borboletas frugívoras do ICMBio. Esse apoio técnico foi fundamental para que, dentro da lógica do programa de monitoramento do ICMBio, focada na implementabilidade, a amostragem das borboletas mantivesse sua robustez e credibilidade científica. Em um segundo momento, especialistas serão convidados a participar do programa auxiliando a implantação dos módulos mais avançados do monitoramento, através da identificação das espécies amostradas nas UCs.

Em dezembro de 2014 o protocolo para monitoramento de borboletas frugívoras foi apresentado em uma oficina em Leipzig, Alemanha, com especialistas reunidos para a definição de um sistema global de monitoramento de borboletas. Esta iniciativa foi apoiada pelo GEO-BON (Grupo de Observações da Terra – Rede de Observações Biológicas), e contou com a participação de especialistas de 14 países. Foram avaliados diversos métodos para implementação de sistemas de monitoramento de borboletas em diferentes áreas do globo. As bases do protocolo de monitoramento de borboletas frugívoras foram apresentadas e discutidas e vão compor, juntamente com outros métodos, as Diretrizes para o Monitoramento Global de Borboletas (Van Swaay *et al.* 2015).

Considerando a inviabilidade de uma padronização de todos os detalhes do método para todas as regiões do planeta, optou-se pela amostragem das mesmas variáveis, com ênfase na execução de amostragens consistentes ao longo do tempo em cada localidade. Ainda que também não seja factível a geração de informações para toda a comunidade de borboletas em regiões tropicais, foi estabelecido como princípio para as diretrizes globais a utilização de grupos de espécies indicadoras a serem identificadas localmente. Desta forma, no monitoramento do ICMBio será possível trabalhar com dados populacionais e com indicadores multiespecíficos (módulos 2 e 3) em diversos níveis geográficos, desde uma escala mais local, regional, até nacional, permitindo ainda comparações com outras partes do globo.

Identificação e indicação – A utilização de organismos indicadores é dependente de um conhecimento mínimo prévio da biologia e diversidade dos grupos selecionados, bem como sua distribuição. No programa de monitoramento da biodiversidade do ICMBio, guias de identificação de tribos de borboletas frugívoras foram idealizados com o objetivo de auxiliar os executores do monitoramento na identificação em campo (Santos *et al.* 2014a, b, c, d). Embora apresentem uma alta diversidade, as espécies de borboletas frugívoras podem ser agrupadas em categorias taxonômicas mais amplas sem que ocorra perda da informação exigida pelo protocolo mínimo do

monitoramento. A classificação das borboletas em tribos é baseada em padrões das características morfológicas, de modo que um conjunto de espécies com padrões semelhantes dentro de uma mesma tribo são representadas apenas por uma única espécie. Todos os padrões presentes em determinada tribo estão representados nos guias, de forma a contemplar a máxima variação de cada tribo. Como dito anteriormente, grupos de borboletas dentro de tribos tem especificidades de habitat e planta hospedeira que permitem interpretações dos resultados de sua variação no tempo, ou seja, através do reconhecimento das diferentes tribos de borboletas frugívoras e como variam as frequências de indivíduos destas, é possível detectar alterações nas características de um determinado ambiente. Dessa forma, os dados de borboletas levantados no módulo básico do monitoramento ao longo do tempo nas UCs deverão permitir que mudanças de habitat em escala local sejam detectadas, e que, uma vez diagnosticado o motivo dessas mudanças, um manejo adaptativo seja conduzido. Da mesma forma, nos módulos 2 e 3 as análises de dados tratarão de indicadores em escala populacional e de comunidades. Serão feitas também comparações multiespecíficas para compor padrões mais gerais.

Educação e inserção social – O monitoramento da biodiversidade foi proposto com o objetivo de conservar um patrimônio a ser desfrutado pelas gerações futuras, independentemente de sua posição social. A sua realização não se dá apenas através do envolvimento da parte técnica e científica, biólogos e gestores, mas também deve considerar a população que irá usufruir deste patrimônio sem estar diretamente envolvida a causas ambientais. Uma característica chave da execução do monitoramento é a sensação de pertencimento, da oportunidade das pessoas se envolverem mais com questões relacionadas à conservação (Bonito Informa 2015). A participação de comunidades próximas a UCs como colaboradores é muitas vezes essencial para que o monitoramento seja realizado, e a inserção desses atores na aplicação do monitoramento cria automaticamente a demanda por capacitação prévia sobre os indicadores biológicos e a execução dos protocolos de coleta de dados. Desse modo, a realização de cursos de capacitação serve como uma oportunidade para discussões entre os gestores de diferentes UCs acerca da execução dos protocolos, seus limites de flexibilização, e quais as possibilidades de participação da sociedade na condução do monitoramento (Figuras 1B e D).

Apesar de o protocolo de borboletas frugívoras ser de fácil execução, a baixa popularidade de insetos com o público em geral pode gerar certa resistência inicial nos agentes executores do monitoramento. O curso de capacitação promove a interação dos futuros executores e pontos focais do monitoramento nas UCs com o organismo indicador, e no caso das borboletas, o grau de interação direta entre estes é alto, uma vez que as borboletas podem ser manipuladas (Figura 1D), fotografadas e soltas livres de danos. Os cursos de capacitação têm o potencial de revelar um universo completamente novo para muitos dos participantes, promovendo a sensibilização dos executores para a entomofauna de modo geral, e fomentando o carisma do grupo de borboletas em particular. De fato, as borboletas frugívoras têm sido bem aceitas pelos participantes dos cursos de capacitação, incluindo gestores e outros atores locais associados ao programa de monitoramento do ICMBio, como comunitários e voluntários. Sua diversidade de cores e formas e a facilidade de amostragem e identificação (Figura 1C) torna o trabalho com as borboletas muito prazeroso e educativo. Esta ampla aceitação indica que borboletas podem ser tão carismáticas quanto alguns vertebrados utilizados em campanhas de conservação.

Considerações finais

As pressões exercidas por atividades antrópicas são as principais barreiras para a prática da conservação nos dias atuais, porém não as únicas. A difícil tarefa de chamar atenção para os problemas da crise da diversidade no Brasil também passa pela vasta dimensão de seu território, que abrange biomas muito distintos sofrendo pressões diversas. Em meio a isso, as autoridades ambientais competentes precisam lidar diariamente com decisões que algumas vezes acabam sendo vistas como conflitantes ao desenvolvimento e interesses da sociedade. O papel dos indicadores

biológicos é centrado basicamente no fornecimento de diagnósticos rápidos da qualidade ambiental, para que medidas conservacionistas apropriadas sejam tomadas com esforço e custo baixos. Se considerarmos apenas a eficiência do bioindicador com base em sua rápida resposta, as borboletas frugívoras são um grupo de destaque entre os organismos avaliados. Entretanto, borboletas têm potencial de ir além do seu principal objetivo, e isso tem sido evidenciado através do programa de monitoramento da biodiversidade do ICMBio. A utilização de um método de coleta simples e não destrutivo aliado ao colorido das asas de muitas espécies permite maior interação com os atores do monitoramento, gerando maior empatia com borboletas em particular, mas também com os insetos de modo geral (um grupo outrora negligenciado em monitoramentos, relatórios ambientais e até mesmo no senso comum). Essa sensibilização pode ser o começo de um caminho que levará a integração da causa conservacionista com o bem-estar social, a partir do momento em que exista a oportunidade de vivência e colaboração de diversos segmentos da sociedade em programas voltados à conservação.

Agradecimentos

Esta publicação é resultante do projeto “Monitoramento da Biodiversidade com Relevância para o Clima em nível de UC, considerando medidas de adaptação e mitigação”, do governo brasileiro, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) juntamente com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), no contexto da Cooperação Brasil Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional de Proteção ao Clima (IKI), do Ministério Federal do Meio Ambiente, da Proteção da Natureza e da Segurança Nuclear da Alemanha (BMU). Contou com apoio técnico através da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Os autores agradecem aos analistas e demais participantes dos cursos de capacitação em monitoramento do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, da Academia Nacional da Biodiversidade (Acadebio), Reserva Extrativista Cazumbá-Iracema e do Parque Nacional do Jaú pelo apoio e trabalho inspirador. À Prof. Dra. Carla Penz pelas sugestões e revisão do resumo em inglês e Javier I. Isassi pela revisão da versão em espanhol. JPS agradece à Capes e ao CNPq pelo auxílio financeiro. AVLF agradece o programa BIOTA-FAPESP (2011/50225-3), o CNPq (302585/2011-7) e a National Science Foundation (DEB-1256742). Os autores agradecem ao financiamento do CNPq à Rede Nacional de Pesquisa e Conservação dos Lepidópteros – RedeLep (Proc. nº 563332/2010-7).

Referências bibliográficas

- Adams, W.M.; Aveling, R.; Brockington, D.; Dickson, B.; Elliott, J.; Hutton, J.; Roe, D.; Vira, B. & Wolmer, W. 2004. Biodiversity conservation and the eradication of poverty. **Science**, 306: 1146-1149.
- Aguiar, A.P.; Santos, B.F.; Couri, M.S.; Rafael, J.A.; Costa, C.; Ide, S.; Duarte, M.; Grazia, J.; Schwertner, C.F.; Freitas, A.V.L. & Azevedo, C.O. 2008. Diagnóstico e diretrizes para o estudo da entomodiversidade brasileira. In: Rocha, R. & Boeger, W.A.P (orgs.). **Estado da arte e perspectivas da zoologia no Brasil**. Editora da UFPR. Curitiba.
- Beccaloni, G.W.; Vitoria, A.L.; Hall, S.A. & Robinson, G.S. 2008. **Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies**. M3M, Zaragoza.
- Bonebrake, T.C.; Ponisio, L.C.; Boggs, C.L. & Ehrlich, P.R. 2010. More than just indicators: a review of tropical butterfly ecology and conservation. **Biological Conservation**, 143: 1831-1841
- Bonito Informa 2015. Serra da Bodoquena recebe 600 inscrições para monitoramento, confira os selecionados. Bonito Informa. <http://www.bonitoinforma.com.br/cidades/serra-da-bodoquena-recebe-600-inscricoes-para-monitoramento/16871/>. Acesso em (10 de abril de 2015).
- Brito, M.M.; Ribeiro, D.B.; Raniero, M.; Hasui, E.; Ramos, F.N. & Arab A. 2014. Functional composition and phenology of fruit-feeding butterflies in a fragmented landscape: variation of seasonality between habitat specialists. **Journal of Insect Conservation**, 18(4): 547-560.

- Brown Jr., K.S. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. In: Collins N.M. & Thomas J.A. (eds). **The conservation of insects and their habitats**. 15th Symposium of the Royal Entomological Society of London, September 1989. Pp. 349-401. Academic Press, London.
- Brown Jr., K.S. 1992. Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. Pp. 142-187. In: Morellato, L.P.C. (Org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área no sudeste do Brasil**. Editora da UNICAMP/FAPESP. Campinas, São Paulo. 321 p.
- Brown Jr., K.S. 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, 1: 25-42.
- Brown Jr., K.S. 2005. Geologic, evolutionary, and ecological bases of the diversification of neotropical butterflies: implications for conservation. pp. 166-201. In: Bermingham, E.; Dick, C.W. & Moritz, G. (Eds.). **Tropical rainforests: past, present, and future**. The University of Chicago Press. Chicago. USA. ix + 745 p.
- Brown Jr., K.S. & Freitas, A.V.L. 2000. Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation. **Biotropica**, 32(4b): 934-956.
- Chown, S. & McGeoch, M. 2011. Measuring biodiversity in managed landscapes. Pp. 252-264. In: Magurran, A. & McGill, B. (Eds.). **Biological diversity: frontiers in measurement and assessment**. Oxford University Press.
- Costa-Pereira, R.; Roque, F.O.; Constantino, P.A.L.; Sabino, J. & Uehara-Prado, M. 2013. **Monitoramento in situ da biodiversidade. proposta para um sistema brasileiro de monitoramento da biodiversidade**. ICMBio, 61p.
- D´Abrera, B. 1984. **Butterflies of the Neotropical Region. Part II. Danaidae, Ithomiidae, Heliconiidae and Morphidae**. Victoria: Hill House: XII + 173- 384.
- Devictor, V.; van Swaay, C.; Brereton, T.; Brotons, L.; Chamberlain, D.; Heliölä, J.; Herrando, S.; Julliard, R.; Kuussaari, M.; Lindström, A.; Reif, J.; Roy, D.B.; Schweiger, O.; Settele, J.; Stefanescu, C.; Van Strien, A.; Van Turnhout, C.; Vermouzek, Z.; WallisDeVries, M.; Wynhoff, I. & Jiguet, F. 2012. Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. **Nature Climate Change**, 2: 121-124.
- DeVries, P.J. 1987. **The butterflies of Costa Rica and their natural history, Volume 1: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae**. New Jersey: Princeton University Press, Princeton, US.
- DeVries, P.; Austin, G.T. & Martin, N.H. 2009. Estimating species diversity in a guild of Neotropical skippers (Lepidoptera: Hesperidae) with artificial lures is a sampling problem. **Insect Conservation and Diversity**, 2(2): 125-134.
- Duarte, M.; Marconato, G.; Specht, A. & Casagrande, M.M. 2014. Lepidoptera. Cap. 37. In. Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B.; Casari, S.A. & Constantino, R. **Insetos do Brasil**. Editora Holos, São Paulo.
- Fermon, H.; Waltert, M. & Mühlenberg, M. 2003. Movement and vertical stratification of fruit-feeding butterflies in a managed West African rainforest. **Journal of Insect Conservation**, 7: 7-19.
- FOEM, 2010. Swiss Federal Office for the Environment. Biodiversity Monitoring Switzerland. <http://www.biodiversitymonitoring.ch/english/indikatoren/z3.php>
- Forster, M.L. & Shapiro, A.M. 2003. Climatic trends and advancing spring flight of butterflies in lowland California. **Global Change Biology**, 9: 1130-1135.
- Freitas, A.V.L. 2010. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre as borboletas. **Biota Neotropica**, 10(4): 53-58.
- Freitas, A.V.L. & Marini-Filho, O.J. 2011. **Plano de ação nacional para conservação dos lepidópteros ameaçados de extinção**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília 122pp.
- Freitas, A.V.L.; Francini, R.B. & Brown Jr., K.S. 2003. Insetos como indicadores ambientais. Capítulo 5 In **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre** (L. Cullen Jr.; C. Valladares-Pádua & R. Rudran, orgs.). Editora da UFPR, p. 125-151.
- Freitas, A.V.L.; Iserhard, C.A.; Santos, J.P.; Carreira, J.Y.O.; Ribeiro, D.B.; Melo, D.H.A.; Rosa, A.H.B.; Marini-Filho, O.J.; Accacio, G.M. & Uehara-Prado, M. 2014. Studies with butterfly bait traps: an overview. **Revista Colombiana de Entomología**, 40(2): 209-218.



- Gregory, R. 2006. Birds as biodiversity indicators for Europe. **Significance**, 3: 106-110.
- Hartshorn, G.S. 1995. Ecological basis for sustainable development in tropical forests. **Annual Review in Ecology and Systematics**, 26: 153-175.
- Kremen, C. 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. **Ecological Applications**, 2: 203-217.
- Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. 2002. **Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. São Paulo, Contexto. 176 p.
- Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. 2005. How many species are there in Brazil? **Conservation Biology**, 19: 619-624.
- Mattoni, R.; Longcore, T.; Zonneveld, C. & Novotny, V. 2001. Analysis of transect counts to monitor population size in endangered insects. The case of the El Segundo blue butterfly, *Euphilotes bernardino allyni*. **Journal of Insect Conservation**, 5: 197-206.
- McGeoch, M.A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**, 73: 181-201.
- Menéndez, R.; Gonzalez-Megias, A.; Collingham, Y.; Fox, R.; Roy, D.B.; Ohlemüller, R. & Thomas, C.D. 2007. Direct and indirect effects of climate and habitat factors on butterfly diversity. **Ecology**, 88: 605-611.
- New, T.R.; Pyle, R.M.; Thomas, J.A.; Thomas, C.D. & Hammond, P.C. 1995. Butterfly Conservation Management. **Annual Review of Entomology**, 40: 57-83.
- New, T.R. 1997. Are Lepidoptera an effective 'umbrella group' for biodiversity conservation? **Journal of Insect Conservation**, 1: 5-12.
- Nobre, C.E.B.; Iannuzzi, L. & Schlindwein, C. 2012. Seasonality of fruit-feeding butterflies (Lepidoptera, Nymphalidae) in a Brazilian semiarid area. **ISRN Zoology**, 2012: 1-8.
- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. **Conservation Biology**, 4: 355-364.
- Nobre, R.A.; Kinouchi, M.R.; Constantino, P.A.L.; Costa-Pereira, R. & Uehara-Prado, M. 2014. **Monitoramento da biodiversidade – roteiro metodológico de aplicação**. Brasília: ICMBio. 40p.
- Pearson, D.L. 1994. Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**: 345: 75-79.
- Pearson, D.L. & Cassola, F. 1992. Worldwide species richness patterns of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): indicator taxon for biodiversity and conservation studies. **Conservation Biology**, 6: 376-391.
- Pollard, E. & Yates, T. 1995. **Monitoring butterflies for ecology and conservation**. London: Chapman & Hall.
- Pollard, E. & Yates, T.J. 1993. **Monitoring butterflies for ecology and conservation: the British Butterfly Monitoring Scheme**. Conservation biology series No. 1. Chapman & Hall, London.
- Pywell, R.F.; Warman, E.A.; Sparks, T.H.; Greatorex-Davies, J.N.; Walker, K.J.; Meek, W.R.; Carvell, C.; Petit, S. & Firbank, L.G. 2004. Assessing habitat quality for butterflies on intensively managed arable farmland. **Biological Conservation**, 118: 313-325.
- Roy, D.B.; Sparks, T.H. 2000. Phenology of British butterflies and climate change. **Global Change Biology**, 6: 407-416.
- Santos, J.P.; Iserhard, C.A.; Teixeira, M.O. & Romanowski, H.P. 2011. Fruit-feeding butterflies guide of subtropical Atlantic Forest and Araucaria Moist Forest in State of Rio Grande do Sul, Brazil. **Biota Neotropica** 11(3): 256-274.
- Santos, J.P.; Freitas, A.V.L.; Constantino, P.A.L. & Uehara-Prado, M. 2014a. Guia de identificação de tribos de borboletas frugívoras. Amazônia. In: Pereira, A.B. & Constantino, P.A.L. (eds.). **Monitoramento de Biodiversidade**. MMA/ICMBio/GIZ. Brasília. Brazil. 12 p.

Santos, J.P.; Freitas, A.V.L.; Constantino, P.A.L. & Uehara-Prado, M. 2014b. Guia de identificação de tribos de borboletas frugívoras. Cerrado. *In: Pereira, A.B. & Constantino, P.A.L. (eds.). **Monitoramento de Biodiversidade***. MMA/ICMBio/GIZ. Brasília. Brazil. 12 p.

Santos, J.P.; Freitas, A.V.L.; Constantino, P.A.L. & Uehara-Prado, M. 2014c. Guia de identificação de tribos de borboletas frugívoras. Mata Atlântica - Norte. *In: Pereira, A.B. & Constantino, P.A.L. (eds.). **Monitoramento de Biodiversidade***. MMA/ICMBio/GIZ. Brasília. Brazil. 12 p.

Santos, J.P.; Freitas, A.V.L.; Constantino, P.A.L. & Uehara-Prado, M. 2014d. Guia de identificação de tribos de borboletas frugívoras. Mata Atlântica - Sul. *In: Pereira, A.B. & Constantino, P.A.L. (eds.). **Monitoramento de Biodiversidade***. MMA/ICMBio/GIZ. Brasília. Brazil. 12 p.

Sauberer, N.; Zulka, K.P.; Abensperg-Traun, M.; Berg, H.; Bieringer, G.; Milasowszky, N.; Moser, D.; Plutzar, C.; Pollheimer, M.; Storch, C.; Tröstl, R.; Zechmeister, H. & Grabherr G. 2004. Surrogate taxa for biodiversity in agricultural landscapes of eastern Austria. **Biological Conservation**, 117: 181-190.

Schulze, E.D. & Mooney, H. 1993. **Biodiversity and Ecosystem Function**. Ecological Studies no. 99. Springer-Verlag, Heidelberg.

Silva-Brandão, K.L. & Freitas, A.V.L. 2011. Capítulo 8. Interações entre borboletas e plantas. *In: **Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma abordagem ecológico-evolutiva***. Del-Claro, K. & Torezan-Silingardi H.M. (eds). Technical Books Editora, Rio de Janeiro. Pp: 171-180.

Soga, M.; Kawahara, T.; Fukuyama, K.; Sayama, K.; Kato, T.; Shimomura, M.; Itoh, T.; Yoshida, T. & Ozaki, K. 2015. Landscape versus local factors shaping butterfly communities in fragmented landscapes: Does host plant diversity matter? **Journal of Insect Conservation**, 19: 781-790.

Sparrow, H.R.; Sisk, T.D.; Ehrlich, P.R. & Murphy, D.D. 1994. Techniques and guidelines for monitoring neotropical butterflies. **Conservation Biology**, 8: 800-809.

Stolton, S. & Dudley, N. 2010. **Arguments for protected areas: multiple benefits for conservation and use**. Stolton, S. & Dudley, N. (eds). Routledge, United Kingdom, 274 p.

Sweaney, N.; Lindenmayer, B.D. & Driscoll, D.A. 2014. Is the matrix important to butterflies in fragmented landscapes? **Journal of Insect Conservation**, 18: 283-294.

Thomas, J.A. 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, 360: 339-357.

Uehara-Prado, M.; Freitas, A.V.L.; Francini, R.B. & Brown Jr., K.S. 2004. Guia das borboletas frugívoras da Reserva Estadual do Morro Grande e região de Caucaia do Alto, Cotia (SP). **Biota Neotropica**, 4(1): 1-25.

Uehara-Prado, M.; Fernandes, J.O.; Bello, A.M.; Machado, G.; Santos, A.J.; Vaz-de-Mello, F.Z. & Freitas, A.V.L. 2009. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, 142(6): 1220-1228.

US Fish and Wildlife Service 1998. **Recovery plan for the El Segundo blue butterfly (*Euphilotes battoides allyni*)**. U.S. Fish and Wildlife Service, Portland, Oregon.

van Swaay, C.A.M.; Maes, D. & Plate, C. 1997. Monitoring butterflies in the Netherlands and Flanders: the first results. **Journal of Insect Conservation**, 1: 81-87.

van Swaay, C.A.M.; Warren, M. & Lois, G. 2006. Biotope use and trends of European butterflies. **Journal of Insect Conservation**, 10: 189-209.

van Swaay C.A.M.; Nowicki, P.; Settele, J. & van Strien, A.J. 2008. Butterfly monitoring in Europe: methods, applications and perspectives. **Biodiversity and Conservation**, 17: 3455-3469.

van Swaay, C.; Regan, E.; Ling, M.; Bozhinovska, E.; Fernandez, M.; Huertas, B.; Phon, C.K.; Kőrösi, A.; Marini-Filho, O.J.; Meerman, J.; Pe'er, G.; Sáfián, S.; Sam, L.; Shuey, J.; Taron, D.; Terblanche, R.; Uehara-Prado, M. & Underhill, L. 2015. **Guidelines for standardised global butterfly monitoring**. Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, Leipzig, Germany. GEO BON Technical Series 1, 32pp.

Warren, M. 1997. Conserving Lepidoptera in a changing environment: a perspective from western Europe. **Journal of Insect Conservation**, 1: i-iv.



Warren, M.S.; Hill, J.K.; Thomas, J.A.; Asher, J.; Fox, R.; Huntley, B.; Roy, D.B.; Telfer, M.G.; Jeffcoate, S.; Harding, P.; Jeffcoate, G.; Willis, S.G.; Greatorex-Davies, J.N.; Moss, D. & Thomas, C.D. 2001. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. **Nature**, 414: 65-69.

Watson, J.E.M.; Dudley, N.; Segan, D.B. & Hockings M. 2014. The performance and potential of protected areas. **Nature**, 515: 67-73.

Wahlberg, N.; Leneveu, J.; Kodandaramaiah, U.; Peña, C.; Nylin, S.; Freitas, A.V.L. & Brower, A.V.Z. 2009. Nymphalidae butterflies diversify following near demise at the cretaceous/tertiary boundary. **Proceedings of the Royal Society of London B**, 276: 4295-4302.

Zografou, K.; Sfenthourakis, S.; Pullin, A. & Kati, V. 2009. On the surrogate value of red-listed butterflies for butterflies and grasshoppers: a case study in Grammos site of Natura 2000, Greece. **Journal of Insect Conservation**, 13: 505-514.